

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

⑤

Int. Cl. 2:

**F 02 C 7/16**

F 01 D 5/18

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DE 28 23 496 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 28 23 496**

⑫

Aktenzeichen:

P 28 23 496.0

⑬

Anmeldetag:

30. 5. 78

⑭

Offenlegungstag:

14. 12. 78

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

3. 6. 77 V.St.v.Amerika 803162

⑤④

Bezeichnung:

Gasturbine mit sekundären Kühlmitteln

⑦①

Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y. (V.St.A.)

⑦④

Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr. rer.nat., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

⑦⑦

Erfinder:

Corsmeier, Robert James, Cincinnati, Ohio (V.St.A.)

**DE 28 23 496 A 1**

2823496

Dr. rer. nat. Horst Schüler  
PATENTANWALT

6000 Frankfurt/Main 1, 29. Mai 1978  
Kaisersstraße 41      Schu./he.  
Telefon (0611) 235555  
Telex: 04-16759 mapat d  
Postscheck-Konto: 282420-602 Frankfurt-M.  
Bankkonto: 225/0389  
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

4687-13DV-7159

Ansprüche

① Turbine, gekennzeichnet durch eine Rotorscheibe (40, 224), die eine Mehrzahl von Turbinenschaufeln (42, 216) trägt, wobei jede Schaufel (42, 216) einen einen hohlen Innenraum (90) bestimmenden Flügelabschnitt (86) und eine gegebene Schmelzpunkttemperatur hat, durch ein mit geschlossener Schleife versehenes Kühlsystem in Fluidströmungsverbindung mit den Innenräumen (90) der hohlen Schaufeln (42, 216), wobei dieses System die Primärkühlung darstellt, durch eine Sekundärkühlmittelversorgung (212, 214), durch Mittel (220, 222) zum Herstellen einer fluidmäßigen Strömungsverbindung zwischen der Sekundärkühlmittelversorgung (212, 214) und den Innenräumen (90) der hohlen Schaufeln (42, 216), durch ein erstes in den Fluidströmungsverbindungsmitteln (220, 222) angeordnetes Ausfüllungsmittel (226), durch Mittel zum Bestimmen von durch die Flügelabschnitte (86) verlaufenden Löchern (228) zum Ablassen des sekundären Kühlmittels und durch ein in den Löchern (228) angeordnetes zweites Ausfüllungsmittel (230), wobei die ersten und zweiten Ausfüllungsmittel (226, 230) eine Schmelzpunkttemperatur haben, die kleiner als diejenige der Flügelabschnitte (86) ist.

2. Turbine, gekennzeichnet durch eine Rotorscheibe (40, 224), die eine Mehrzahl von Turbinenschaufeln (42, 216) trägt, wobei jede Schaufel (42, 216) einen einen hohlen Innenraum (90) bestimmenden Flügelabschnitt (86) und eine gegebene Schmelzpunkttemperatur hat, durch ein mit geschlossener Schleife ausgebildetes Kühlmittelsystem in Fluidströmungsverbindung mit den Innenräumen (90) der hohlen Schaufeln (42, 216), wobei dieses System

809850/0802

ORIGINAL INSPECTED

hierfür die Primärkühlung darstellt, durch eine Sekundärkühlmittelversorgung (212, 214), durch Mittel (220, 222) zum Herstellen einer fluidmäßigen Strömungsverbindung zwischen der Sekundärkühlmittelversorgung (212, 214) und den Innenräumen (90) der hohlen Schaufeln (42, 216), und durch ein erstes in den Fluidströmungsverbindungsmitteln (220, 222) angeordnetes Ausfüllungsmittel (226), welches eine Schmelzpunkttemperatur hat, die kleiner als diejenige der Flügelabschnitte (86) ist.

3. Turbine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Mittel zum Bestimmen von durch die Flügelabschnitte (86) verlaufenden Löchern (228) zum Ablassen des sekundären Kühlmittels und durch in den Löchern (228) angeordnete zweite Ausfüllungsmittel (230), die eine Schmelzpunkttemperatur haben, welche kleiner als diejenige der Flügelabschnitte (86) ist.
4. Turbine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidströmungsverbindungsmittel eine im wesentlichen radiale Bohrung durch die Turbinenrotorscheibe (40, 224) enthalten.
5. Turbine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das mit geschlossener Schleife versehene Kühlmittelsystem auf dem Dampf-Thermosyphon-Prinzip arbeitet.
6. Gasturbinentriebwerk, gekennzeichnet durch einen Kompressor (24), von dem Luft komprimiert wird, durch einen Brenner (34), in dem die komprimierte Luft mit einem Treibstoff vermischt und verbrannt wird, durch Mittel (212, 214) zum Abziehen eines Teils der komprimierten Luft von dem Kompressor (24), durch eine Turbine (38) mit einer Rotorscheibe (40, 224), die eine Mehrzahl von durch die heißen Verbrennungsgase angetriebenen Turbinenschaufeln (42, 216) trägt, wobei jede Schaufel (42, 216) einen einen hohlen Innenraum (90) bestimmenden Flügelabschnitt (86) und eine gegebene Schmelzpunkttemperatur hat, durch ein mit geschlossener Schleife versehenes Kühlmittelsystem in Fluidströmungsverbindung mit dem Innenraum (90) der hohlen Schaufel (42, 216), wobei dieses System hierfür die

809850/0802

Primärkühlung darstellt, durch Mittel (220, 222) zum Bilden einer Fluidströmungsverbindung zwischen den Abzugsmitteln (212, 214) und den Innenräumen (90) der hohlen Schaufeln (42, 216), und durch ein in den Fluidströmungsverbindungsmitteln (220, 222) angeordnetes erstes Ausfüllungsmittel (226), welches eine Schmelzpunkttemperatur hat, die kleiner als diejenige der Flügelabschnitte (86) ist.

7. Gasturbinentriebwerk nach Anspruch 6, ferner gekennzeichnet durch Mittel zum Bestimmen von durch die Flügelabschnitte (86) verlaufenden Löchern (228) zum Ablassen der komprimierten Luft aus den hohlen Innenräumen (90) und durch ein in den Löchern (228) angeordnetes zweites Ausfüllungsmittel (230), welches eine Schmelzpunkttemperatur hat, die kleiner als diejenige der Flügelabschnitte (86) ist.
8. Turbinenschaufel, gekennzeichnet durch einen einen hohlen Innenraum (90) bestimmenden Flügelabschnitt (86) mit einer gegebenen Schmelzpunkttemperatur, durch einen Einlaß (220, 222) zum Leiten eines Kühlmittels durch den Flügelabschnitt (86) und in dessen hohlen Innenraum (90), durch ein in dem Einlaß (220, 222) angeordnetes erstes Ausfüllungsmittel (226), durch Mittel zum Bestimmen von durch den Flügelabschnitt (86) verlaufenden Löchern (228) zum Ablassen eines Kühlmittels und durch ein in den Löchern (228) angeordnetes zweites Ausfüllungsmittel (230), wobei die ersten und zweiten Ausfüllungsmittel (226, 230) eine Schmelzpunkttemperatur haben, die kleiner als diejenige des Flügelabschnitts (86) ist.

809850/0802

2823496

Dr. rer. nat. Horst Schüler  
PATENTANWALT

- 4 -

6000 Frankfurt/Main 1, 29. Mai 1978  
Kaiserstraße 41                      Schu./he.  
Telefon (0611) 23 55 55  
Telex: 04-16759 mapat d  
Postscheck-Konto: 282420-602 Frankfurt-M.  
Bankkonto: 225/0389  
Deutsche Bank AG, Frankfurt/M.

4687-13DV-7159

GENERAL ELECTRIC COMPANY  
1 River Road  
Schenectady, N.Y./U.S.A.

---

Gasturbine mit sekundären Kühlmitteln

---

Die Erfindung bezieht sich auf Gasturbinen und insbesondere auf eine Möglichkeit zum wirksamen Kühlen von Ultrahochtemperatur-Turbinenrotorschaukeln.

Es ist bekannt, daß die Gasturbinentriebwerk-Wellenleistung und insbesondere der spezifische Treibstoffverbrauch, das heißt der Betrag des Treibstoffverbrauchs pro Ausgangsleistungseinheit, durch Vergrößern der Turbineneinlaßtemperaturen verbessert werden können. Heutige Turbinen sind jedoch bezüglich ihrer Einlaßtemperatur durch die physikalischen Materialeigenschaften beschränkt. Damit Turbinen bei Gasstromtemperaturen arbeiten können, die größer als solche Temperaturen sind, welche die Materialien normalerweise aushalten können, wurden beträchtliche Bemühungen im Zusammenhang mit einer Entwicklung von zweckmäßigen Turbinenkühlungsverfahren unternommen. Bei früheren Turbinengestaltungen war der Kühlvorgang von Hochtemperaturkomponenten auf eine Wärmeleitungsübertragung auf kühleren Teile beschränkt, und die Luftkühlung war auf ein Leiten relativ kühler Luft über die Oberfläche der Turbinenrotorscheiben beschränkt.

809850/0802

Um den mit noch höheren Turbineneinlaßtemperaturen verbundenen Vorteil bezüglich einer möglichen Verbesserung der Leistungsfähigkeit auszunutzen, werden im Rahmen der modernen Turbinenkühltechnologie hohle Turbinendüsenflügel und -schaufeln benutzt, um einen Betrieb bei Einlaßgastemperaturen in dem Bereich von 1094 bis 1260° C (2000 bis 2300° F) zu ermöglichen. Es wurden verschiedene Techniken entworfen, um diese hohlen Schaufeln und Flügel mit Luft zu kühlen. Hierzu gehören drei Grundformen einer Luftkühlung, die entweder einzeln oder in Kombination angewendet werden, und zwar in Abhängigkeit von dem auftretenden Pegel der Gastemperaturen und von dem zulässigen Maß an Gestaltungsaufwand. Diese Grundformen der Luftkühlung sind als Konvektions-, Prall- und Filmkühlung bekannt. Die US-Patente 3 700 348 und 3 715 170 sind hervorragende Beispiele für eine fortgeschrittene Turbinen-Luftkühlungstechnologie unter Anwendung dieser Luftkühlungsgrundformen.

Die von verbesserten Luftkühlungstechniken erhaltenen Vorteile werden jedoch zumindest teilweise durch das Abziehen der erforderlichen Kühlluft von dem Antriebszyklus aufgehoben. Beispielsweise ist heute sicherlich das populärste Turbinenkühlmittel Luft, die von dem Kompressorabschnitt des Gasturbinentriebwerks abgezapft und zu dem hohlen Inneren der Turbinenschaufeln geleitet wird. In typischer Weise geht die durch den Kompressor dieser Luft erteilte Arbeit bzw. Energie dem Betriebszyklus teilweise verloren. Wenn die Kühlluft durch die Turbinenschaufel zirkuliert, nimmt sie zusätzlich Wärme von den metallischen Schaufeln oder Flügeln auf. Wenn diese erwärmte bzw. erhitzte Kühlluft die Turbinenschaufeln verläßt, vielleicht als ein Kühlmittelfilm, geht diese Wärmeenergie dem Betriebszyklus verloren, da die heißen Gase normalerweise mit den Abgasen vermischt und aus der Triebwerksdüse ausgestoßen werden. Es wäre jedoch ein Kühlsystem wünschenswert, bei dem ein anderes Medium als Kompressorabzapfluft benutzt und die durch das Kühlmedium abgezogene Wärme in einer nützlichen und praktischen Weise in den Betriebszyklus zurückgeführt werden.

Eine Teillösung bezüglich der vorstehenden Probleme stellte der Vorschlag dar, Kühlsysteme mit geschlossener Schleife für Turbinenschaufeln zu benutzen, wobei diese Systeme das Prin-

809850/0802

zip einer Wiedergewinnung oder Rekuperation benutzen können, um verloren gegangene Wärmeenergie wiederzugewinnen. Eine solche vorgeschlagene Kühlanordnung ergibt sich beispielsweise aus dem US-Patent 2 782 000. Gemäß diesem Patent wird zum Kühlen der Turbinenschaufeln ein geschlossenes Dampf-Thermosyphon-System benutzt. Das Thermosyphon-Prinzip ist dergestalt, daß ein Kühlmittel dazu veranlaßt wird, durch die gesamten hohlen Bohrungen einer Turbinenschaufel unter dem Pumpeinfluß von Zentrifugalkräften zu zirkulieren, und zwar aufgrund des Dichteunterschiedes zwischen dem aus der Schaufel austretenden erhitzten Kühlmittel (Dampf) und dem in die Schaufel eintretenden Kühlmittel (Dampf oder Wasser). Jede Schaufel ist mit ihrem eigenen Thermosyphon bzw. selbsttätigen Umlauf versehen, dem ein Kühler oder Wärmeaustauscher zugeordnet ist, der seinerseits durch ein zweites Kühlmittel wie Wasser oder Luft gekühlt wird.

Jedoch haben solche Systeme mit geschlossener Schleife unter Anwendung von beispielsweise Dampf, Natrium oder Kalium als Kühlmittel den Nachteil, daß dann, wenn in der Kühlmittelschleife ein Leck auftritt, die Kühlfähigkeit verloren geht. Dieser Nachteil haftet nicht den luftgeköhlten Schaufeln an, wobei es sich in typischer Weise um einen offenen Kreis handelt, bei dem die von dem Kompressor abgezogene Luft durch die Schaufeln geleitet und hiervon als ein Kühlmittelfilm abgelassen wird. Somit ist es wünschenswert, zum Kühlen von Turbinenschaufeln, die normalerweise durch die Kühltechnik mit geschlossener Schleife gekühlt werden, ein sekundäres Kühlmittel für den Fall vorzusehen, daß eine Leckerscheinung auftritt. Da für diesen Zweck normalerweise Kompressorabzapfluft zur Verfügung steht, ist es wünschenswert, diese Kühlluft als das sekundäre Kühlmittel zu benutzen und dessen Strömungsvorgang auf den Fall zu beschränken, wenn es aufgrund der Leistungszyklusverflechtungen absolut erforderlich ist.

Dementsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Flugzeuggasturbine zu schaffen, bei der die Rotorschaufeln entsprechend gekühlt werden, um den Hochtemperatur-Verbrennungsgasen widerstehen zu können.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Turbine, bei der die Rotorschaufeln primär

809850/0802



- 4 -  
7

durch das Thermosyphon-Prinzip mit geschlossener Schleife und sekundär durch einen inneren Strom von Kompressorablaß- oder -abzapfluft gekühlt werden.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Schaffung einer Turbine, bei der der Strom von sekundärer Kühlmittelluft automatisch eingeleitet wird, wenn das primäre Kühlmittelsystem betriebsunwirksam wird.

Kurz gesagt werden die obigen Ziele bei einem Gasturbinenriebwerk erreicht, bei dem die Turbine eine Rotorscheibe aufweist, die eine Mehrzahl von hohlen Turbinenschaufeln trägt. Jede Turbinenschaufel wird individuell durch Dampf gekühlt, der gemäß dem Thermosyphon-Prinzip durch den hohlen Innenraum der Schaufeln geleitet wird. Erfindungsgemäß wird Kompressorablaß- oder -abzapfluft auch durch die hohlen Turbinenschaufeln geleitet, wobei jedoch normalerweise ein Eintreten dieser Luft verhindert wird, und zwar durch einen Pfropfen, der den Bohrungsdurchgang ausfüllt, welcher mit dem Inneren der hohlen Schaufel in Strömungsverbindung steht. Jede Schaufel ist auch mit für das sekundäre Kühlmittel bestimmten Ablassmitteln in Form von Durchlaßlöchern in den Schaufelspitzenbereichen versehen. Während des normalen Betriebes der Turbine werden auch diese Löcher durch Pfropfen ausgefüllt bzw. verstopft. Die Schmelzpunkttemperatur der Pfropfen ist kleiner als diejenige des primären Aufbaues, so daß im Falle eines Ausfallens des irgendeiner Schaufel zugeordneten primären Kühlmittelsystems die Schaufeltemperatur ansteigt und die Schaufelspitzen-Pfropfen schmelzen. Wenn die Temperatur noch weiter ansteigt, schmilzt auch der Pfropfen in dem Einlaßdurchgang, so daß das sekundäre Kühlmittel schnell in das Innere der Schaufel und aus den Löchern an den Schaufelspitzen strömt. Während ein solches Kühlsystem nicht notwendigerweise ausreichend sein würde, um die Schaufeltemperaturen auf Pegeln zu halten, die eine lange Lebensdauer sicherstellen, würde ein solches System dennoch vorübergehend die Lebensdauer verlängern, bis eine Wartung bzw. Reparatur durchgeführt werden kann.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele. Es zeigen:

809850/0802

- Figur 1 - in einer Teilschnittansicht ein Flugzeug-Gasturbostrahltriebwerk nach der vorliegenden Erfindung, wobei der Zusammenhang von verschiedenen Triebwerksystemen schematisch dargestellt ist,
- Figur 2 - in einem zu Figur 1 ähnlichen Teilschnitt die Anpassung der vorliegenden Erfindung an ein Flugzeug-Gasturbogebälsetriebwerk vom Doppelrollentyp (dual-spool variety),
- Figur 3 - in einem vergrößerten Querschnitt den Turbinenabschnitt des Triebwerks aus Figur 1, wobei das erfindungsgemäße Thermosyphon-Kühlsystem mit geschlossener Schleife detaillierter dargestellt ist,
- Figur 4 - in einer vergrößerten Schnittansicht den inneren Kühlkreis einer Turbinenschaufel aus Figur 3,
- Figur 5 - einen vergrößerten Abschnitt der Turbine aus der Blickrichtung längs der Linie 5-5 aus Figur 3, wobei der Verlauf der Kühlmittelkanäle längs der Seiten der Turbinenscheibe detaillierter dargestellt ist,
- Figur 6 - in einer Figur 3 ähnelnden Ansicht eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einem sekundären Kühlsystem,
- Figur 7 - in einer Figur 4 ähnelnden Ansicht den inneren Kühlkreis der Turbinenschaufel gemäß der Ausführungsform aus Figur 6,
- Figur 8 - in einer vergrößerten isometrischen Ansicht ein Mittel zum Befestigen der Thermosyphon-Kühlkanäle an den Seiten der Turbinenscheibe aus Figur 3,
- Figur 9 - in einer Explosionsansicht die Befestigungsmittel aus Figur 8,
- Figur 10 - die Befestigungsmittel in einem Schnitt längs der Linie 10-10 aus Figur 8,
- Figur 11 - die Befestigungsmittel aus Figur 8 in einer detaillierteren, teilweise geschnittenen Draufsicht,
- Figur 12 - eine Figur 8 ähnelnde Ansicht einer alternativen Ausführungsform der Befestigungsmittel und
- Figur 13 - die Befestigungsmittel aus Figur 12 in einer auseinandergezogenen bzw. Explosionsansicht.

809850/0802

- 8 -  
9

In den Zeichnungen bezeichnen ähnliche Hinweiszahlen einander entsprechende Elemente. In Figur 1 ist ein erfindungsgemäß ausgebildetes Flugzeug-Gasturbostrahltriebwerk allgemein mit 20 bezeichnet und schematisch dargestellt. Während Turbostrahltriebwerke heute in der Technik bekannt sind, verbessert eine kurze Beschreibung der Betriebsweise des Triebwerks eine Abschätzung der gegenseitigen Beziehung der verschiedenen Komponenten im Hinblick auf die zu beschreibende Erfindung. Grundsätzlich kann das Triebwerk so betrachtet werden, daß es einen Axialstromkompressor 22 aufweist, der einen Rotor 24, welcher eine Vielzahl von drehbaren Schaufelreihen 26 (Rotoren) trägt, und ein Kompressorgehäuse 28 hat, welches eine Vielzahl von stationären Schaufelreihen 30 (Statorglieder) trägt, die mit den Rotorschaufelreihen 26 alternierend verschachtelt sind. In den Kompressoreinlaß 32 tritt Luft ein, die von dem Axialstromkompressor 22 verdichtet und dann zu einem Brenner 34 abgelassen wird. Dort wird die Luft mit Treibstoff gemischt, der durch bekannte Mittel, wie einen Flugzeug-Treibstofftank 35 und eine Triebwerk-Treibstoffsteuerung 36 bekannter Art, und in Abhängigkeit von Drossel- bzw. Gaseingangsgroßen des Piloten zugeführt wird. Es erfolgt ein Verbrennungsvorgang, um hochenergetische Verbrennungsgase zu bilden, die einen Turbinenrotor 38 antreiben. Dieser weist eine Turbinenscheibe 40 auf, die eine Vielzahl von Turbinenrotorschaukeln 42 trägt, von denen aus Klarheitsgründen nur eine dargestellt ist. Die Turbinenscheibe 40 treibt ihrerseits den Kompressorrotor 24 über eine verbindende Welle 43 in der für ein Gasturbinentriebwerk üblichen Weise an. Eine stationäre Reihe von Turbinendüsenflügeln 44 leitet den Strom zu den sich drehenden Turbinenschaufeln. Somit wird durch das Ablassen von Verbrennungsgasen aus einer repräsentativen Düse 46, die teilweise von einem Kegel 48 und einer umgebenden Ummantelung 50 bestimmt wird, eine in Figur 1 nach links gerichtete Antriebskraft erhalten.

Das Triebwerk aus Figur 1 ist ferner mit einem Schmier-system versehen, welches einen Öltank oder -behälter 52 und eine Pumpe 54 enthält. Diese sorgt für ein Zuführen von unter Druck stehendem Öl durch Leitungsmittel, wie eine Leitung 56 und Düsen 58, um eine rückwärtige Triebwerkslagerung 60 zu schmieren, und

809850/0802

- 2 -  
10

auch durch eine Leitung 64 und Düsen 66, um eine vordere Triebwerkslagerung 68 zu schmieren. Ein Teil des Öls wird auch durch eine Leitung 70 und eine Düse 72 in das Innere 74 eines drehbaren Ölkanals 76 gepumpt, welcher über eine kegelstumpfförmige Welle 78 mit dem Turbinenrotor 38 verbunden und hiermit drehbar ist. Der Kanal 76 ist leicht konisch, um wie eine Pumpe zu arbeiten und das Öl in einen vorderen Lagerung-Ölsumpf 80 zu leiten, von dem das Öl durch die Pumpe 82 über eine Leitung 84 zum Öltank zurückgepumpt wird. Der Zweck des Ölkanals 76 wird sehr bald im Laufe der Beschreibung der Erfindung ersichtlich. Dem Fachmann ist es jedoch geläufig, daß bestimmte Flugzeug-Gasturbinentriebwerke routinemäßig mit einem mittigen Ölkanal versehen werden, der dem Kanal 76 ähnelt und als eine Leitung zum Führen sowie Verteilen des Schmiermittels zu verschiedenen Lagerungen dient. Ein diesbezügliches Beispiel ist in dem US-Patent 3 248 880 aufgezeigt. Dementsprechend kann der Kanal 76 oder sein Äquivalent bereits in einem Gasturbinentriebwerk vorhanden sein oder wie hier zu dem Schmiersystem hinzugefügt werden, und zwar für den Zweck der vorliegenden Erfindung.

Es wird nunmehr die Aufmerksamkeit auf die Figuren 3 und 4 gerichtet, in denen der Turbinenrotorabschnitt des Triebwerks aus Figur 1 detaillierter dargestellt ist. Am Umfang einer drehbaren Turbinenscheibe 40 gehaltene Turbinenschaufeln 42 sind mit einem aerodynamisch geformten Luftflügelabschnitt 86 und einem Grund- oder Fußabschnitt 88 zum Befestigen an der Scheibe versehen, wie durch die bekannte Schwalbenschwanzmethode (siehe Figur 5). Die relativ dünnen Außenwandungen des Flügelabschnitts begrenzen einen im wesentlichen hohlen Innenraum in Form von Serpentinakanälen 90. Mit den vorderen und hinteren Enden des Schwalbenschwanzfußes 88 einer jeden Schaufel 42 sind entsprechend relativ dünnwandige Rohre 92 und 94 verbunden, die mit dem hohlen Inneren der Schaufel über zwei Zugangsöffnungen, einen Einlaß 95 und einen Ausgang 97, in Strömungsverbindung stehen. Die Rohre 92 und 94 sind durch ein U-förmiges Rohr 96 miteinander verbunden, um für jede Schaufel eine geschlossene Kanalschleife zu bilden. Somit entspricht die Anzahl solcher geschlossener Kanalschleifen der Anzahl von Turbinenschaufeln in dem Turbinenrotor.

809850/0802

Dem Ölkanal 76 ist ein hiermit drehbarer Wärmeaustauscher 98 zugeordnet, durch den jede geschlossene Kanalschleife und im einzelnen jedes Rohr 96 verläuft. Dieser ringförmig gestaltete Wärmeaustauscher weist ein inneres Ende, das von einem Teil des drehbaren Ölkannels 76 bestimmt wird, und eine äußere konzentrische Wandung 100 auf, wobei sich dazwischen Böden 102 und 104 zum Bestimmen eines inneren Hohlraums 118 erstrecken. Diese Böden haben eine ausreichende Dicke, um eine Leckerscheiung im Umfangsbereich der Rohre 96 zu vermeiden, wo die Verbindungsstellen 106 (wo die Rohre die Böden durchdringen) gelötet oder geschmiedet (swaged) sind. Es ist darauf hinzuweisen, daß diese Verbindungsstellen 106 freiliegen, um ein visuelles Überprüfen zu erleichtern. Ferner könnten die Böden 102 und 104 einen doppelwandigen Aufbau haben, um eine noch bessere Abdichtung im Umfangsbereich der Rohre 96 sicherzustellen. An der äußeren Wandung 100 des Wärmeaustauschers sind zwei oder mehr radiale Flansche 108, 110 befestigt, die die freiliegenden Abschnitte der Rohre 96 halten. Gleitkragen (wear collars) 112 sind an den Rohren 96 an den Stellen befestigt, wo sie von den Flanschen 108, 110 erfaßt werden, um ein Abnutzen bzw. Abscheuern der Rohre zu vermeiden.

Wie es zuvor erörtert wurde, ist der Ölkanal 76 konisch, um Öl durch einen zentrifugalen Pumpvorgang hindurchzupumpen. Ein sich einwärts erstreckender ringförmiger Damm 114 sorgt dafür, daß zumindest ein Teil des Öls durch Einführungsmittel, wie eine Mehrzahl von Löchern 116, von denen aus Klarheitsgründen nur eines dargestellt ist, in die innere Kammer 118 des Wärmeaustauschers 98 abgelenkt wird. Im Inneren des Wärmeaustauschers sind Labyrinthmittel vorgesehen, die beispielsweise eine Reihe von radialen Wandungen 120 aufweisen, welche das Öl über, unter und um die Rohre 96 leiten, um in einer noch zu beschreibenden Weise hiervon Wärme aufzunehmen. Eine alternative Methode zum Bilden einer Ölzirkulation würde darin bestehen, eine archimedische bzw. Drehschnecke (Archimedean screw) vorzusehen, die durch das Innere des Wärmeaustauschers über dessen gesamte Länge verläuft. Bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform bilden die radialen Wandungen 120 eine weitere Abstützung für die Rohre 96 in der sich drehenden Umgebung. Mittel zum Ablassen des Öls aus dem Wärmeaustauscher 96 weisen beispielsweise eine zweite Mehrzahl von Löchern 122 auf,

809850/0802

von denen aus Klarheitsgründen wiederum nur eines dargestellt ist. Das Öl tritt somit wieder in das Innere des Ölkanals 76 ein, wie es durch die Pfeile in Figur 3 dargestellt ist. Um unabhängig von kleineren Änderungen bezüglich der Triebwerkslage (beispielsweise wenn sich ein Flugzeug im Steig- oder Neigungsflug befindet) einen konstanten Ölstrom durch den Wärmeaustauscher zu ermöglichen, sind die Ölaustrittslöcher 122 auf einem größeren Radius als die Öleinlaßlöcher 116 angeordnet.

Die vorliegende Erfindung schlägt Mittel vor, um die Turbinenschaufeln hauptsächlich auf dem Thermosyphon-Prinzip mit Dampf als primärem Kühlmedium zu kühlen, obwohl es klar ist, daß auch andere Kühlmittel, wie flüssige Metalle (Kalium und Natrium) bei bestimmten Anwendungen gleich gut geeignet sein könnten. Die die Rohre 92, 94 sowie 96 und Schaufeln 42 aufweisenden Kanäle des geschlossenen Systems können mit dem Kühlmittel teilweise gefüllt werden, und zwar über eine Zugangsöffnung (nicht dargestellt), die danach zum Erhalten des abgedichteten Systems verstopft wird. Diese Kühlmittel zum Kühlen der Schaufeln arbeiten wie folgt: Wenn Wasser als Kühlmittel benutzt wird, wandelt es sich in Dampf um, wenn der Turbinenrotor bei erhöhten Temperaturen arbeitet. Da sich die Dampfdichte mit der Temperatur ändert, wird der durch den Wärmeaustauscher 98 gekühlte Dampf radial nach außen durch die Rohre 92 in die serpentinenförmigen Schaufelkanäle 90 getrieben. Wenn dieser Dampf umläuft, nimmt er durch die Wandungen des Schaufel-flügelabschnitts 86 geleitete Wärme auf, wodurch seine Dichte vermindert wird. Hierdurch strömt der Dampf radial einwärts durch die Rohre 94 in den Wärmeaustauscher, wo der Vorgang ständig wiederholt wird. Die von dem Dampf während des Durchlaufens der Schaufeln aufgenommene Wärme wird durch das Schmieröl entfernt bzw. abgenommen, das in Wärmeaustauschbeziehung mit den Rohren 96 durch den sich drehenden Wärmeaustauscher strömt. Das Schmieröl wird danach über Mittel, wie die Leitung 84, durch einen zweiten Wärmeaustauscher geleitet, der in Figur 1 bei 124 dargestellt ist und in dem das Öl und der in dem Brenner 34 zu verbrennende Treibstoff (in den Leitungen 123, 125) in Wärmeaustauschbeziehung gehalten werden. Somit wird zumindest ein Teil der von den Turbinenschaufeln absorbierten bzw. aufgenommenen Wärme wieder als erwärmter

Treibstoff in den Arbeitszyklus zurückgeführt. Das vorliegende Prinzip einer Verwendung von zwei Wärmeaustauschern, des Dampf-Öl Wärmeaustauschers 98 (Mittel zum Kühlen des Dampfes) und des Öl-Treibstoff Wärmeaustauschers 124 (Mittel zum Kühlen des Öls), hat einen wesentlichen Vorteil gegenüber herkömmlichen regenerativen Kühlprinzipien, da der Treibstoff unter einem beträchtlichen Abstand von dem heißen Turbinenrotorabschnitt gehalten wird, wodurch die Gefahr eines gefährlichen Feuersausbruchs im Falle einer Leckerscheinung reduziert wird. Ferner bedeutet der durch die Schaufeln zirkulierende Dampf keineswegs eine Feuergefahr.

Es ist wichtig, daß der Wärmeaustauscher tangential, axial und radial fest mit der Turbinenscheibe 40 verbunden ist, um sicherzustellen, daß sich die Turbinenrotorscheibe, die Welle 43 und der Ölkanal 76 als ein System drehen, und um ein überflüssiges Biegen, Dehnen oder Verdrillen der Dampfrohre 92, 94 und 96 zu vermeiden. Zu diesem Zweck sind Mittel, wie eine Verriegelung 126, zwischen der Turbinenscheibe 40 und dem Wärmeaustauscher 98 vorgesehen, um zu verhindern, daß sich der Wärmeaustauscher in bezug auf die Scheibe dreht. Zusätzlich sorgen Positionierungsmittel, wie beispielsweise eine Lippe und Fuge 128 am Bauglied 130, das sich von der Turbinenwelle 43 einwärts erstreckt, dafür, daß der Wärmeaustauscher in bezug auf die Turbinenscheibe und -welle radial sowie axial positioniert wird.

In den Figuren 3, 5 und 8-11 ist ein System zum mechanischen Befestigen der Rohre 92 und 94 an den entsprechenden Aussenseiten 132, 134 der Turbinenscheibe 40 dargestellt, um hierdurch zu verhindern, daß die von dem Dampf erzeugte Wärme den baulichen Zusammenhalt der Scheibe beeinflußt. Es ist festzustellen, daß diese Rohre außerhalb der Scheibe und nicht durch diese verlaufen, um hierdurch den baulichen Zusammenhalt weiter zu verstärken. Das nunmehr zu beschreibende mechanische Befestigungsverfahren ermöglicht ferner ein leichtes Montieren und Austauschen von Rohren 92, 94 und Schaufeln 40.

Haltemittel, wie eine Mehrzahl von radial verteilten Ringen 136, sind einstückig mit der Scheibe 40 ausgebildet und erstrecken sich allgemein axial von den Stirnseiten der Scheibe. Diese Ringe dienen zum axialen, radialen und tangentialen Halten

sowie Positionieren der Rohre 92, 94 in bezug auf die Scheibe. Wie es am besten in den Figuren 8-11 dargestellt ist, wo ein Teil eines solchen Rings 136 größer bzw. detaillierter aufgezeigt ist, ist jeder Ring mit einer Mehrzahl von am Umfang verteilten D-förmigen Schlitten 138 versehen, deren Anzahl derjenigen der Rohre 92 oder 94 an der entsprechenden Scheibenseite entspricht und die so geformt sind, daß sie Rohr-Gleitkragen (wear collars) 140 aufnehmen, die zuvor auf den Rohren 92, 94 angeordnet und möglicherweise hieran durch Löten festgelegt wurden. Alternativ könnten elastische Gleitrohre (wear tubes) vorgesehen werden, wenn dieses zweckmäßig ist. Die Gleitkragen sind mit oberen und unteren Lippen 142, 144 ausgebildet, die den Ring 136 zwischen sich einschließen und die dazu dienen, die Rohre radial zu lokalisieren. Diese Kragen schützen auch die Rohre vor einer Abnutzung infolge eines Reibungseinflusses, der durch Triebwerksschwingungen und zyklische Wärmevergänge begründet wird. Nachdem die Kragen 140 in ihren entsprechenden D-förmigen Schlitten 138 installiert sind, wird ein Verriegelungsmittel, wie ein gespaltener Blockierring 146, in eine Haltnut 148 eingesetzt, die vorzugsweise vor dem Einarbeiten der Schlitten 138 längs des unteren Randes des Rings 136 eingearbeitet wurde. Der Blockierring 146 vervollständigt die Festlegung des Kragens 140 und verhindert vor allem eine axiale Bewegung desselben. Die radiale Bewegung des Blockierrings wird wiederum durch den Grund bzw. das Ende des Schlittens 148 beschränkt.

Wie es am besten in Figur 5 dargestellt ist, sind die Rohre 94 (und in ähnlicher Weise die Rohre 92 an der anderen Scheibenseite) zwischen allen Scheibenringen 136 und zwischen dem radial äußersten Ring 136 sowie den Schaufelfüßen 88 mit einer Reihe von S-förmigen Biegungen ausgebildet. Diese Biegungen sorgen für eine Elastizität bzw. Biegsamkeit der Rohre und verhindern ein darin erfolgreiches Ausbilden von Rissen infolge des zentrifugalen Kraftfeldes und der zyklischen Wärmevergänge. Diese Biegsamkeit ist auch vom Montagestandpunkt wünschenswert, und zwar wegen des Zusammenkommens von Toleranzen der Schaufeln, Scheiben, Rohre, Gleitkragen und des Wärmeaustauschers.

Die Figuren 12 und 13 zeigen eine alternative Ausführungsform bezüglich der mechanischen Befestigung der Rohre 92 und



94 an ihren entsprechenden Scheibenseiten. Demnach ist ein leicht modifizierter Kragen 150 längs seiner Längsachse in zwei Hälften gespalten, die um die Rohre herum angeordnet werden können, bevor ein Einsetzen in die Schlitze 138 aus den Figuren 8-11 erfolgt. In allen anderen Punkten entsprechen die Funktion und der Aufbau den oben beschriebenen Einzelheiten. Der gespaltene Kragen gewährleistet jedoch eine größere Anpassungsfähigkeit bei der Montage, da die Rohre nunmehr vor dem Zufügen bzw. Ansetzen des Kragens gebogen werden können, statt umgekehrt. Alternativ könnten die Ringe 136 durch eine Mehrzahl von in einem Ring angeordneten U-förmigen Haltegliedern 152 ersetzt werden, deren Anzahl in jeder Reihe wie zuvor der Anzahl der Rohre entspricht. Wiederum würden D-förmige Schlitze die Kragen eines Typs 140 oder 150 aufnehmen, und die Halter würden an den Scheibenstirnseiten beispielsweise durch Schrauben 153 (Figur 13) befestigt werden, die durch das Grundglied 154 eines jeden U-förmigen Haltegliedes greifen. Das Merkmal des gespaltenen Halterings 146 aus den Figuren 8-11 könnte wie in Figur 13 dargestellt beibehalten werden, oder es könnten einzelne Haltebänder 156 in den Schlitzen eines jeden Halters 154 installiert werden, wobei die Enden der Bänder dann um 180° zurückgebogen und durch Heftschiweißen wie bei 158 miteinander verbunden werden. Dem Kragen 150 könnte ferner eine elastische Einlage 155 hinzugefügt werden, und zwar für eine Schwingungsdämpfung zwischen dem Rohr und dem Kragen. Während die mechanischen Befestigungen aus den Figuren 8-13 im Zusammenhang mit einer Anwendung bei einer sich drehenden Scheibe dargestellt sind, ist es klar, daß diese Befestigungen gleichermaßen zweckmäßig für ein Befestigen irgendeines Rohrgebildes an irgendeinem stationären oder drehbaren Aufbau wären.

Wiederum auf das am besten in Figur 3 dargestellte gesamte Turbinenrotor-Kühlsystem Bezug nehmend, ist es leicht ersichtlich, daß jedem einzelnen geschlossenen Dampfkreis nur vier Dampfrohr-Verbindungsstellen zugeordnet sind, die sämtlich für ein leichtes visuelles Überprüfen freiliegen. Im einzelnen sind diese Verbindungsstellen mit 160 zwischen den Rohren 92 sowie 96, mit 162 zwischen dem Rohr 92 sowie der Einlaßseite des Fußes 88 der Schaufel 42, mit 164 zwischen der Auslaßseite der Schaufel

809850/0802

sowie des Rohrs 94 und mit 166 zwischen den Rohren 94 sowie 96 bezeichnet. Wenn mehr oder weniger Rohrabschnitte angewendet werden, erfolgt natürlich ein entsprechendes Vergrößern oder Vermindern der Anzahl von Verbindungsstellen. Alle Verbindungsstellen sind gelötet oder geschweißt, ohne die Scheibe 40 einem Ofenlötzyklus zu unterwerfen, der die großen Festigkeitseigenschaften der Scheibe wesentlich reduzieren könnte.

Beim Herstellen des gekühlten Turbinenrotors werden alle bis auf zwei Verbindungsstellen vor der Installation der Scheibe hergestellt. Im einzelnen werden der Wärmeaustauscher mit den Rohren 96, die Rohre 92 und die Schaufel 42 zusammengebaut und zu einer Einheit verlötet. Eine Attrappenscheibe könnte als eine Vorrichtung benutzt werden, um diese verschiedenen Komponenten während des Lötzyklus in ihrer korrekten relativen Ausrichtung zu halten. Danach würden die Verbindungsstellen einer Druckprüfung unterworfen und die Scheibe axial bis zu ihrer entsprechenden Position eingesetzt. Dann würde die andere Hälfte der Rohre 94 installiert und verlötet, wobei eine Induktionsspule an den Verbindungsstellen 164 und 166 benutzt wird. Nachdem alle Dampfverbindungsstellen hergestellt und jeder Schaufelkreis einer Druckprüfung unterworfen worden ist, wird eine kleine Wassermenge (oder ein anderes ausgewähltes Kühlmittel) durch eine nicht dargestellte Öffnung in jeden Kreis eingeführt, wobei die Öffnungen dann verstopft werden, um jeden Kreis abgedichtet zu halten. Zur Vervollständigung des Turbinenrotoraufbaues werden die Wellen 43 und 78 wie bei 168 und 170 an der Scheibe angeschraubt (Figur 3). Nach dem Abgleichen bzw. Auswuchten ist der Aufbau fertig für eine Triebwerkinstallation. Da die Scheibenrohre und der Wärmeaustauscher von Wellen 43 und 78 umgeben sind, stellen Windverluste (windage losses) von den Rohren kein Problem dar.

Das Austauschen einer Turbinenschaufel ist eine relativ einfache Angelegenheit. Zuerst werden der Turbinenrotor 38 aus dem Triebwerk entfernt und die Wellen 43 sowie 78 vom Rotor gelöst. Das Rohr 92 kann beispielsweise an der Stelle 171 abgeschnitten werden, und das Rohr 94 kann unmittelbar unter der Verbindungsstelle 164 zerschnitten werden. Dann können die fehlerhafte Schaufel aus ihrem Schwalbenschwanzschlitz 173 (siehe Figur

809850/0802

5) nach vorne verschoben und jegliches restliches Kühlmittel aus dem Kreis entfernt werden. Eine Austauschschaufel wird dann in den Schwalbenschwanzschlitz eingesetzt, und die Rohre 92 sowie 94 werden unter Verwendung von Lötkupplungen wieder angeschlossen. Danach werden Kühlmittel hinzugefügt, wie bei der ursprünglichen Schaufel, und der Turbinenrotor ausgewuchtet und wieder installiert.

Figur 2 zeigt, wie ein ähnliches Dampf-Thermosyphon-System in einem Flugzeug-Gasturbinenriebwerk vom Doppelrollen-Turbogebälse-Typ installiert werden könnte, und zwar im Gegensatz zu dem Einfachrollen-Turbostrahltriebwerk aus Figur 1. Wie es in der Technik klar ist, gelangen die heißen Verbrennungsgase nach dem Antreiben des Turbinenrotors 38 (diese Terminologie bei Turbogebälsetriebwerken bezieht sich auf den Hochdruckturbinenrotor) zu einer zweiten Niederdruckturbine 172, die angetrieben wird und die in typischer Weise mehrstufig ausgebildet ist. Die Niederdruckturbine treibt ihrerseits über eine kegelstumpfförmige Welle 174 und eine innere Antriebswelle 176 ein an der Vorderseite angebrachtes Gebläse (nicht dargestellt) an. Die innere Antriebswelle ist hohl und bestimmt in ihrem Inneren einen Schmieröl (Kühlmittel)-Kanal 178. Ein etwas modifizierter, zur Welle 176 konzentrischer Wärmeaustauscher 180 ist mit der Scheibe 40 und der Welle 43, wie oben erörtert, verbunden. Jede geschlossene Schleife des Schaufelkühlmittelkanals verläuft in ähnlicher Weise durch diesen modifizierten Wärmeaustauscher. Ein konischer Ölkanal 182 ist an dem vorderen Ende des Wärmeaustauschers beispielsweise durch eine Schraubverbindung 184 befestigt. Schmieröl tritt durch eine Öldüse 186 in den Kanal bzw. Durchgang 178 ein. Eine Mehrzahl von Öffnungen 188 in der Antriebswelle 176 ermöglicht ein Strömen des Öls in den ringförmigen Raum 190 zwischen der Antriebswelle 176 und der inneren Wandung 192 des Wärmeaustauschers 180. Ein zumindest teilweise durch den Kanal 178 verlaufender Damm 194 lenkt das Öl in die Öffnungen 188 ab. Rückhaltedichtungen (wind-back seals) 196, 198 an dem inneren Durchmesserbereich des Wärmeaustauschers halten das Öl davon ab, an anderer Stelle als nur durch eine zweite Mehrzahl von Öffnungen 200 in der Wandung 192 und in den Wärmeaustauscher zu strömen. Somit bilden die Öffnungen 188, 200 und der

Ringraum 190 ein Beispiel für eine Strömungsverbindung zwischen dem Kühlmittelkanal 178 und dem Wärmeaustauscher 180. Selbst im Falle eines Vorbeiströmens des Öls an den Rückhaltedichtungen würde es lediglich zu den vorderen oder hinteren, in Figur 2 nicht dargestellten Triebwerk-Ölsümpfen fließen. Das Öl fließt aus dem Wärmeaustauscher durch Mittel ab, die eine Strömungsverbindung zwischen dem Wärmeaustauscher 180 sowie dem Kanal 182 herstellen, wobei diese Mittel beispielsweise eine Reihe von Öffnungen 202 in dem vorderen Boden 204 aufweisen. Im Inneren des Ölkanals bzw. -rohrs 182 und unter Abstand zwischen der Welle 176 sowie dem Kanal bzw. Rohr 182 befindet sich ein Zwischenkanal bzw. -rohr 206, der bzw. das von dem Kanal bzw. Rohr 182 über Abstandshalterstege 208 getragen wird und einen in Fluidströmungsverbindung mit dem Wärmeaustauscher 130 stehenden Kühlmittel-Ringraum 207 begrenzt. Der Kanal bzw. das Rohr 206 verhindert ein Tropfen von Öl auf die Antriebswelle 176, wenn die Drehbewegung des Triebwerks angehalten wird. Somit ist ein System für ein Gasturbogebälsetriebwerk dargestellt, bei dem der Wärmeaustauscher, der sich mit der Drehzahl der Turbinenscheibe 40 dreht, mit einem Schmiermittel von einer inneren Welle 176 versorgt wird, die sich mit der Drehzahl der Niederdruckturbine dreht. Somit ist der in der geschlossenen Schleife erfolgende selbsttätige Umlauf bzw. das Thermosyphon-Prinzip mit Modifikationen gleichermaßen bei Gasturbinen- triebwerken vom Turbostrahl- und Turbogebälse-Typ anwendbar.

In Figur 2 ist in schematischer Weise auch eine alternative Ausführungsform des sekundären Wärmeaustauschers dargestellt. Während sich Figur 1 mit der Verwendung eines Öl-Treibstoff-Wärmeaustauschers befaßt, um zumindest einen Teil der von den Schaufeln abgenommenen Wärme wiederzugewinnen und in Form von erwärmtem Treibstoff in den Triebwerkzyklus zurückzuführen, wodurch sich die Funktionsweise eines regenerativen Triebwerks ergibt, kann es bei einigen Anwendungen ausreichend sein, das regenerative Merkmal zu eliminieren und hierdurch das System zu vereinfachen. Ein Gasturbogebälsetriebwerk eignet sich besonders gut zum Verwenden eines schematisch bei 210 dargestellten und in dem Gebläsebypasskanal (nicht dargestellt) angeordneten Radiators zum Entfernen bzw. Abführen der Wärme von dem Öl, indem dieses in Wärmeaustausch-

beziehung mit dem Gebläsebypassstrom gebracht wird. Bei dieser Ausführungsform würde jedoch die Wärme in bezug auf den Betriebszyklus verloren gehen. Somit ist es bevorzugt, immer dort das regenerative System aus Figur 1 zu benutzen, wo dieses praktisch möglich ist.

Gemäß den Figuren 1 und 3 ist dem Kompressorrotor 24 ein Mittel zum Abziehen eines Teils der komprimierten Luft von dem Kompressor zugeordnet. Dieses Mittel weist beispielsweise eine Radialeinfluß-Kompressorstufe 212 auf. Ein Teil dieser Abzapfluft zirkuliert im Inneren der Wellen 43 und 78, wobei sie durch Öffnungen 214 im Bauglied 130 einen Zugang zu der Turbinenscheibe vorfindet. Diese Abzapfluft hält die Schaufelfußteile und die Scheibe auf einem reduzierten Temperaturpegel und bildet eine zusätzliche Kühlung für die einzelnen Dampf-Thermosyphon-Kreise.

Die Aufmerksamkeit wird nunmehr auf die Figuren 6 und 7 gerichtet, wo eine Ausführungsform eines besonderen sekundären Kühlsystems für die nach dem Thermosyphon-Prinzip mit geschlossener Schleife gekühlte Turbine schematisch dargestellt ist. Dieses sekundäre Kühlsystem benutzt Abzapfluft von dem Kompressorrotor 24. Dieses sekundäre Kühlsystem wird benutzt, um für eine teilweise Turbinenschaufelkühlung in dem unwahrscheinlichen Fall eines Ausfallens des Dampf-Thermosyphon-Kreises zu sorgen.

Figur 7 zeigt eine etwas abgewandelte Turbinenschaufel 216, die als primäre Kühlmethode das im geschlossenen Kreis arbeitende Dampf-Thermosyphon-Prinzip aus den Figuren 3 und 4 aufweist. Dampf tritt durch das Rohr 92 in den hohlen, serpentinartigen Innenraum 218 der Schaufel ein und strömt über das Rohr 94 ab, wie es oben beschrieben wurde. Die sekundäre Kühlmittelversorgung weist Kompressorabzapfluft auf, die durch sich radial erstreckende Bohrungen 222 innerhalb einer etwas modifizierten Turbinenscheibe 224 hochgezogen bzw. angesaugt wird. Die Herstellung und der Betrieb einer solchen Bohrungseintritt-Turbinenscheibe sind vollständig in den US-Patenten 3 588 277, 3 742 706 und 3 982 852 beschrieben, auf deren Inhalt hiermit Bezug genommen wird. Abzapfluft wird durch die mit den Schaufelbohrungen 220 in Strömungsverbindung stehenden Turbinenscheibenbohrungen 222 radial nach außen gepumpt. Die Bohrungen 220 und 222 stellen somit ein Beispiel für

809850/0802

ein Strömungsverbindungsmittel zwischen der sekundären Kühlmittelversorgung und den hohlen Schaufelinnenräumen dar.

Unter normalen Betriebsbedingungen wird die sekundäre Kühlmittelluft an einem Eintreten in das Innere der Turbinenschaufeln durch erste Ausfüllungsmittel gehindert, wie einen Schmelzpfropfen 226, der den Bohrungsdurchgang 220 abblockt. Der Pfropfen 226 ist aus einem Material hergestellt, welches einen Schmelzpunkt hat, der niedriger liegt als derjenige des Schaufelhauptgebildes. Der Schaufel sind ferner für das sekundäre Kühlmittel dienende Ablaßmittel zugeordnet, die in einer Ausführungsform Gußlöcher 228 im Spitzenbereich der Schaufel sind, wobei die Löcher ebenfalls mit sekundären Ausfüllungsmitteln in Form von Schmelzpfropfen 230 versehen sind. Ähnlich wie die Pfropfen 226 haben die Pfropfen 230 eine Schmelzpunkttemperatur, die kleiner als diejenige des primären Turbinenschaufelmaterials ist. Unter normalen Betriebsbedingungen wird die Schaufel durch das Dampf-Thermosyphon-Prinzip gekühlt. Bei einem Ausfallen des primären Dampfkühlungssystems erfolgt ein Ansteigen der Temperatur einer Schaufel, wodurch die Pfropfen 230 schmelzen. Wenn die Temperatur noch weiter ansteigt, erfolgt ein Schmelzen des inneren Pfropfens 226, und die sekundäre Kühlluft strömt in das Schaufelinnere und durch die Löcher 228 aus der Schaufel. Während dieses sekundäre Kühlsystem unzureichend sein kann, um die Schaufeltemperaturen auf Pegeln zu halten, die eine lange Lebensdauer sicherstellen, wird die Schaufel durch dieses System lange genug betriebsbereit gehalten, um ein Flugzeug zu einer Wartungseinrichtung zurückkehren zu lassen, wo das primäre Kühlsystem repariert werden kann.

Bei einer alternativen Ausführungsform könnte die sekundäre Kühlluft durch ein herkömmliches Außenzonen-Eintrittssystem, bei dem die Schaufeleinlaßkanäle nahe dem äußeren Rand der Turbinenscheibe angeordnet sind, in die Schaufeln gesaugt werden. Ein solches herkömmliches Kühlmittelsystem ist im US-Patent 3 891 348 dargestellt, auf dessen Inhalt hiermit Bezug genommen wird. Eine andere Ausführungsform würde darin bestehen, einen kleinen sekundären Luftkühlkreis zusammen mit dem primären Dampfkreis, jedoch fluidmäßig hiervon getrennt, in der Schaufel zu gießen bzw. zu formen. Bei allen diesen Sekundärkühlungssystemen

809850/0802

ist festzustellen, daß die Verwendung von sekundärer Kühlluft auf Kosten der Leistungsfähigkeit und des Wirkungsgrades des Triebwerkzyklus erfolgt. Die Lösung mit der zweifachen Kühlung hat jedoch den Vorteil einer vergrößerten Zuverlässigkeit.

Es ist nunmehr ersichtlich, daß das hier beschriebene Turbinenschaufelkühlsystem viele Vorteile gegenüber bekannten Systemen hat. Beispielsweise ist der Dampf-Öl-Wärmeaustauscher so gestaltet und in dem Triebwerk in einer solchen Weise angeordnet, daß er nicht die Konfiguration oder Ausbildung von nahegelegenen Teilen verändert, da er in einem Bereich angeordnet ist, der sonst leer ist. Somit führt der Wärmeaustauscher nicht zu einer Vergrößerung der Länge oder des Durchmessers des Triebwerks. Da der Wärmeaustauscher an dem kleinst möglichen Durchmesserbereich angeordnet ist, ergibt sich ein kompakter, leichter Aufbau, der keine großen Belastungen und praktisch keine Gleichgewichts- bzw. Unwuchtprobleme aufweist, da alle Schaufelkühlmittelkreise gleiche Kühlmittelmengen haben. Andere flüssigkeitsgekühlte Turbinen litten unter Schwingungsproblemen, da jede Schaufel oder jeder Kreis von einer gemeinsamen Quelle gespeist wurde, wie von einer Steuerungseinrichtung oder einem Verteiler. Ferner werden nach der vorliegenden Erfindung herkömmliche Turbinenscheiben und ein gemeinsames, sicheres, bereits an Bord befindliches, sekundäres Kühlmittel (Öl) benutzt. Die flüchtigeren Treibstoff-Kühlmittel sind von dem Turbinenrotoraufbau getrennt. Das System wendet herkömmliche Herstellungstechniken mit relativ preiswerten, langlebigen Turbinenschaufeln an. Man verläßt sich in minimaler Weise auf wertvolle Kompressorabzapflung. Es sind jedoch Mittel vorgesehen, um diese Luft in einer sekundären Weise als Sicherheits-Kühlmittelsystem zu benutzen. Die mit kleinem Durchmesser erfolgte Ausleitung ist ideal, um diese sekundäre Kühlluft in die und aus den Schaufeln zu leiten. Auch kann das System die Grundlage für ein regeneratives Triebwerk mit resultierenden Verminderungen bezüglich des spezifischen Triebwerkstoffverbrauchs sein. Schließlich ist jede Schaufel mit einem individuellen Kühlkreis versehen, so daß ein Ausfallen eines Kreises nicht notwendigerweise die gesamte Turbine gefährdet.

809850/0802

2823496

22

Dem Fachmann sollte es klar sein, daß unter Berücksichtigung der obigen Beschreibung im Rahmen der vorliegenden Erfindung bestimmte Änderungen vorgenommen werden können.

809850/0802



Nummer:

28 23 496

Int. Cl.2:

F 02 C 7/16

Anmeldetag:

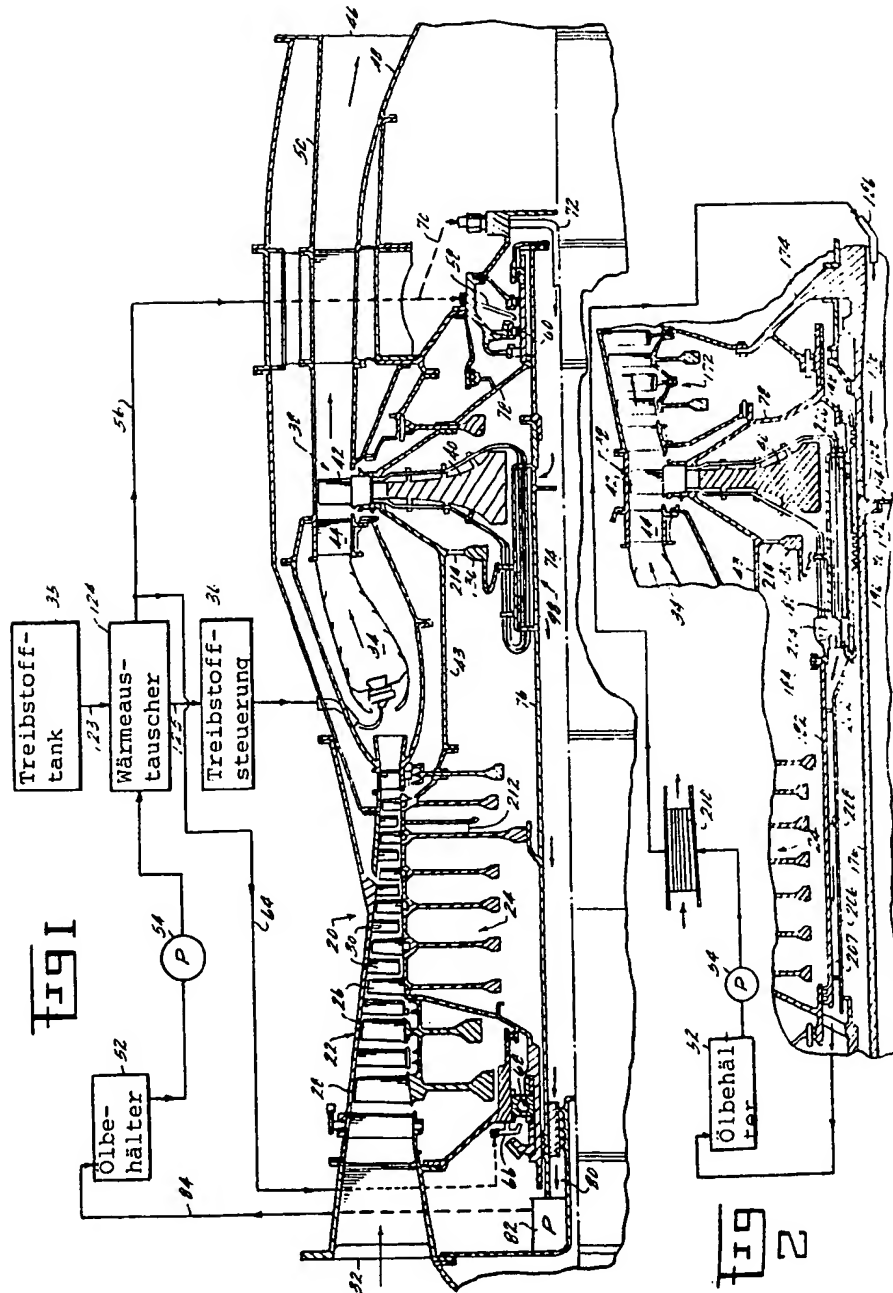
30. Mai 1978

Offenlegungstag:

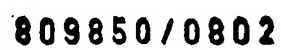
14. Dezember 1978

- 27 -

2823496

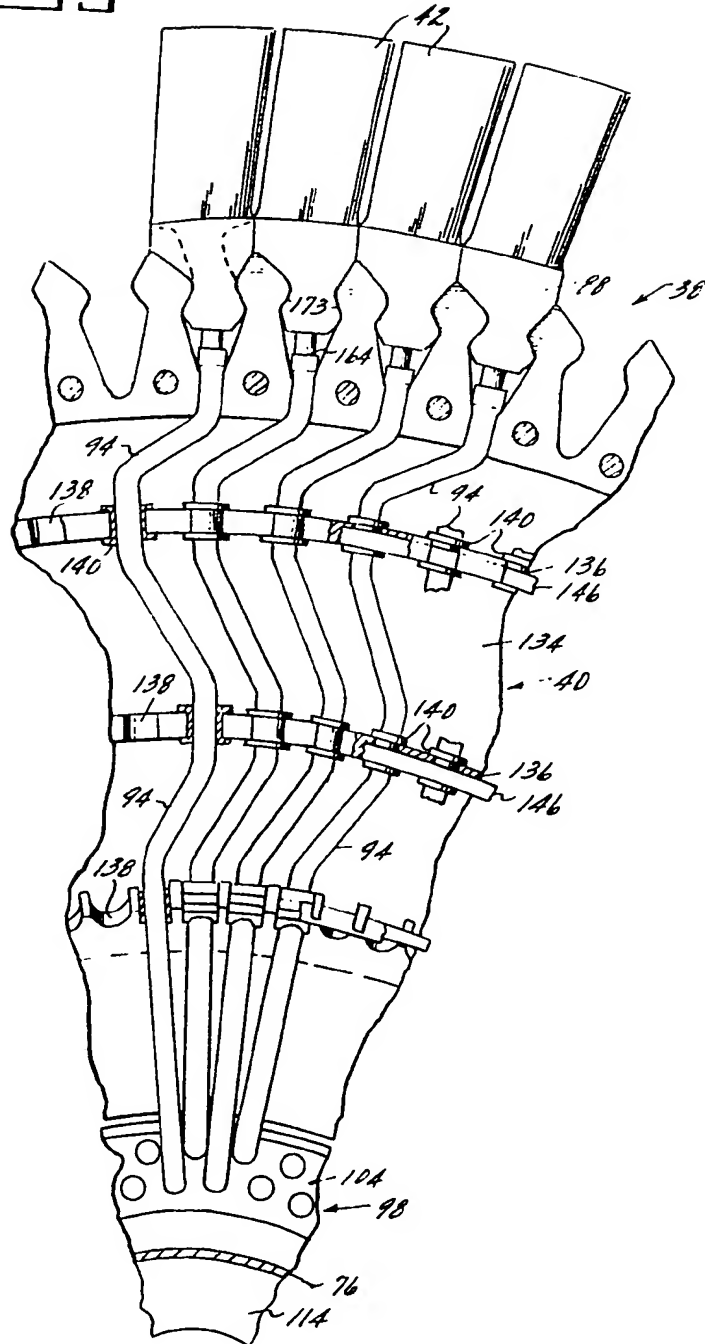


809850/0802



24

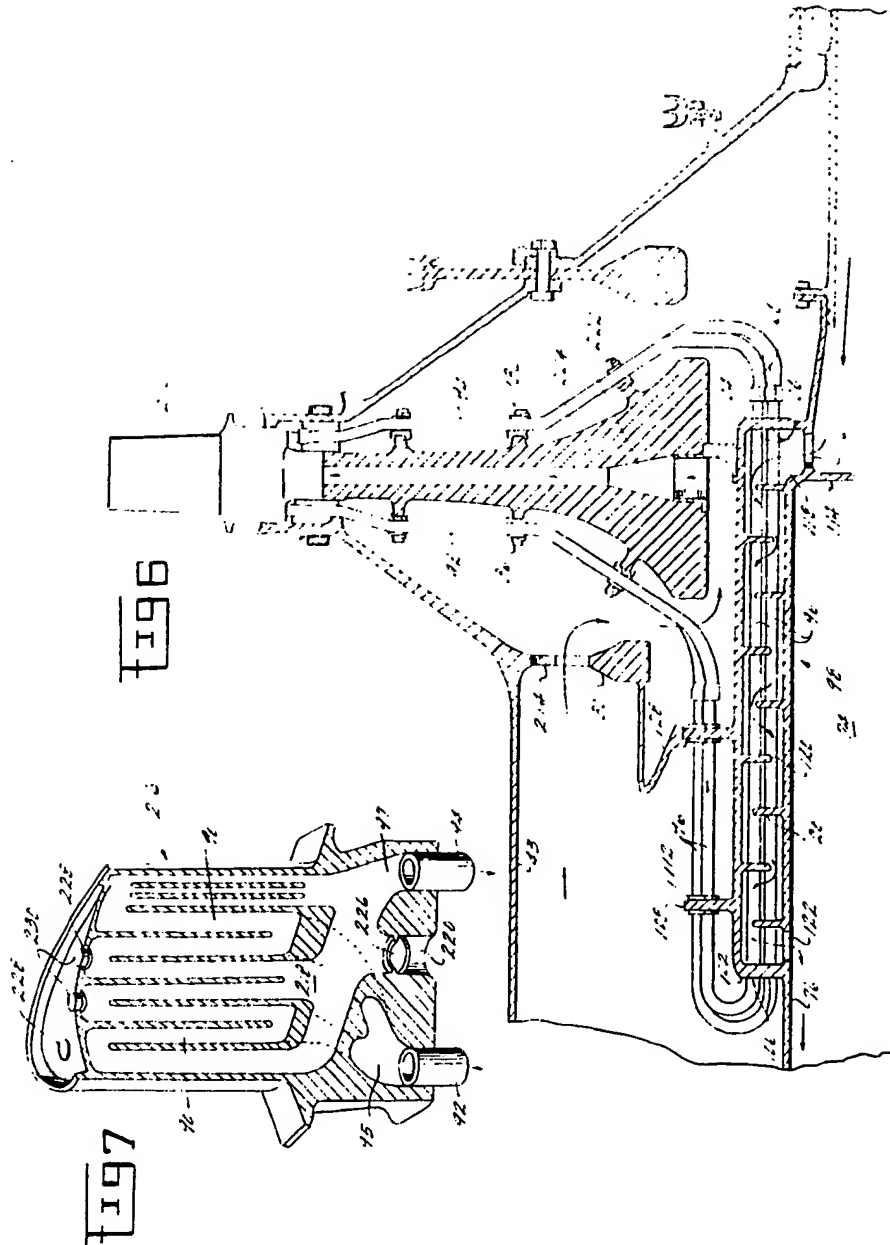
FIG 5



809850/0802

2823495

25



809850/0802

